



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95192687.X

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1132025C

[22] 申请日 1995.3.17 [21] 申请号 95192687.X
 [30] 优先权
 [32] 1994.3.17 [33] AT [31] A569/1994
 [86] 国际申请 PCT/AT95/00051 1995.3.17
 [87] 国际公布 WO95/25288 德 1995.9.21
 [85] 进入国家阶段日期 1996.10.21
 [71] 专利权人 比福康光学研究和发展股份有限公司
 地址 奥地利维也纳
 [72] 发明人 韦尔纳·非亚拉
 审查员 崔尚科

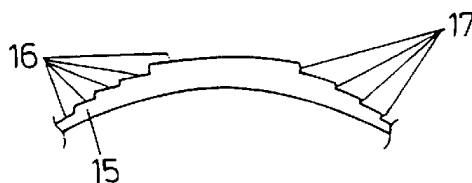
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
 商标事务所
 代理人 杜日新

权利要求书 4 页 说明书 18 页 附图 13 页

[54] 发明名称 分区透镜和分区反射镜

[57] 摘要

一种分区透镜，包括至少两个相邻的区域(16)，此区域的形成使物点和传播通过透镜(15)的这两个相邻区域(16)的光束的像素点之间的光程差至少等于所用光的相干长度的一半，最好至少等于所用光的相干长度。



1. 具有多个区域的分区透镜，其中形成了至少两个相邻的区域，使得通过两个相邻区域的两条光线在物点与像点之间的光程差至少等于所用光的相干长度，它至少等于1微米。

2. 根据权利要求1的分区透镜，其中通过这些相邻区域的任意两条光线在物点与每一个对应的像点之间的光程差至少等于所用光的相干长度。

3. 根据权利要求1的分区透镜，其中通过透镜两个不同区域的所有光线的光程差至少等于所用光的相干长度。

4. 根据权利要求1的分区透镜，其中当光线平行入射时，通过透镜两个相邻区域的光线在垂直于入射方向的平面与光线的相关焦点之间的光程差至少等于所用光的相干长度。

5. 根据权利要求1的分区透镜，其中平行于轴的光线在透镜两个相邻区域内通过的光程差至少等于相干长度。

6. 根据权利要求1的分区透镜，其中透镜相邻区域的透镜材料的厚度不同，其中各区域之间有台阶。

7. 根据权利要求6的分区透镜，其中透镜相邻区域之间的台阶高度至少等于 $|\lambda^2 / (\Delta\lambda(n_c - n_i))|$ ，其中 λ 是所用光的平均波长， $\Delta\lambda$ 是所用光的波长分布的半值宽度， n_c 是透镜材料的折射率， n_i 是透镜相邻媒质的折射率。

8. 根据权利要求6的分区透镜，其中当使用相干长度在1~10微米范围的可见光时，透镜相邻区域之间的台阶高度，以微米计，至少等于 $5/|(n_c - n_i)|$ ，其中 n_c 是透镜材料的折射率， n_i 是透镜相邻媒质的折射率。

9. 根据权利要求6的分区透镜，其中透镜相邻区域之间的台阶高度至少为3微米。

10. 根据权利要求1的分区透镜，其中透镜相邻区域的材料的折射率不同。

11. 根据权利要求1的分区透镜，其中透镜至少有不同材料的两个层，其中位于这样的两个层之间的透镜的相邻区域之间的至少一个界面有台阶。

12. 根据权利要求1的分区透镜，其中当所用相干光的相长度在1~10微米范围时，透镜相邻区域之间的台阶高度，以微米计，至少等于 $5/|(n_1-n_2)|$ ，其中 n_1 和 n_2 是两层材料的折射率。

13. 根据权利要求1~12之一的分区透镜，其中各个区域之间的台阶的侧表面是吸光的。

14. 根据权利要求13的分区透镜，其中一些区域是同心环。

15. 根据权利要求1的分区透镜，其中这些区域是矩形的，二次曲面的或六边形的。

16. 根据权利要求1的分区透镜，其中各区域的面积基本相等。

17. 根据权利要求1的分区透镜，其中各单个区域的标称光焦度相等。

18. 根据权利要求1的分区透镜，其中至少提供两种类型的区域，其中一种类型的所有区域有相同的标称光焦度，不同类型的区域有不同的标称光焦度。

19. 根据权利要求18的分区透镜，其中不同类型的区域直接相邻。

20. 根据权利要求19的分区透镜，其中对于一种类型的区域，所有光线从物点通过这种类型的一个区域到属于这个类型的共轭像点的光程是相等的。

21. 根据权利要求18的分区透镜，其中通过透镜不同类型的区域的两条光线从物点到像点之间的光程差至少等于所用光的相干长度。

22. 根据权利要求1-12,14-21中之一的分区透镜，其中透镜的光学媒质是一种双折射的光学材料。

23. 根据权利要求1的分区透镜，其中区域中至少有一部分有衍射的次区，其中这些区域具有衍射光焦度。

24. 根据权利要求1的分区透镜, 其中为了获得至少为一个屈光度的半值宽度 ΔP 的有效光焦度分布, 每个区域的表面积以平方毫米计最大值为 $0.0056 \cdot \lambda$, 其中 λ 是所用光的波长, 以纳米计。

25. 根据权利要求1的分区透镜, 其中为了获得至少为二个屈光度的半值宽度 ΔP 的有效光焦度分布, 每个区域的表面积以平方毫米计最大值为 $0.0028 \cdot \lambda$, 其中 λ 是所用光的波长, 以纳米计。

26. 根据权利要求1的分区透镜, 其中为了获得至少为四个屈光度的半值宽度 ΔP 的有效光焦度分布, 每个区域的表面积以平方毫米计最大值为 $0.0014 \cdot \lambda$, 其中 λ 是所用光的波长, 以纳米计。

27. 根据权利要求1的分区透镜, 其中所用光为可见光。

28. 根据权利要求1的分区透镜, 其中所用光为红外光。

29. 根据权利要求1的分区透镜, 其中所用光为紫外光。

30. 根据权利要求1的分区透镜, 用作一种眼科透镜。

31. 根据权利要求1的分区透镜, 用作一种用于校正与轴无关的散光, 尤其是不规则的散光的光学仪器。

32. 根据权利要求1的分区透镜, 用作一种内角膜透镜。

33. 根据权利要求1的分区透镜, 用作一种接触透镜。

34. 根据权利要求1的分区透镜, 用作一种眼镜透镜。

35. 根据权利要求1的分区透镜, 用作一种眼内透镜。

36. 根据权利要求1的分区透镜, 用于望远镜或显微镜光学系统。

37. 根据权利要求1的分区透镜, 其中平行于轴的光线在透镜两个相邻区域内通过的光程差至少等于所用光的3倍相干长度。

38. 根据权利要求6的分区透镜, 其中透镜相邻区域之间的台阶高度至少为10微米。

39. 根据权利要求13的分区透镜, 其中透镜的光学媒质是一种双折射的光学材料。

40. 分区反射镜, 包括至少两个相邻的区域, 被做成使入射到两个区域的辐射在物点与像点之间的程差至少等于所用辐射的相干长度。

41. 根据权利要求 40 的分区反射镜, 其中对于平行入射的辐射, 从不同区域反射的射线在垂直于入射方向的平面与焦点之间的光程差至少等于所用辐射的相干长度。

42. 根据权利要求 40 的分区反射镜, 其中为了获得至少为一个屈光度的半值宽度 ΔP 的有效光焦度分布, 每个区域的表面积以平方毫米计最大值为 $0.0056 \cdot \lambda$, 其中 λ 是所用辐射的波长, 以纳米计。

43. 根据权利要求 40 的分区反射镜, 其中所用光的相干长度至少为 1 微米。

44. 根据权利要求 40 的分区反射镜, 其中所用光为可见光或红外光或紫外光。

分区透镜和分区反射镜

本发明涉及一种分区透镜。

这样的透镜通常被理解为既是折射透镜又是衍射透镜（例如，菲涅尔波带片）。带有一个小孔的光阑，也可以具有有效光焦度（power）（有效折射光焦度），正如参照附图所描述的。因此，具有零标称光焦度但具有有限孔径的光学元件，例如，前后表面平行的圆形或环形平板在这里也能被理解为“透镜”。

透镜不同的区域用透镜的面积代表，这些面积可以根据物理性质区分，其中各个区域之间物理性质在较小的面积内迅速或突然地变化。尤其是，所使用的透镜材料的厚度台阶状地突变，例如，在透镜前表面或后表面上的台阶，给透镜不同的区域定界。在透镜的不同区域上使用不同的透镜材料，也能产生目前意义上的分区透镜。不同区域的几何排列能以很多不同的方法配置。例如，可以是一个中心圆域，外面相邻的是同心环形域。不同区域的表面积可以是相同的或不同的。

本发明的目的在于提供一种具有新型光学性能的分区透镜。根据本发明可以得出结论，分区透镜包含至少两个相邻区域，其中通过透镜这两个相邻区域的光线在物点和像点之间的光程差，至少等于所用光源的 $1/2$ 相干长度，最好至少等于所用光源的相干长度。如果不同区域的光学材料有不同的折射率，在这种配置中，可以有利地使得任何两条平行于光轴通过两相邻区域的光线，在透镜内通过的光程差至少等于相干长度。如果相邻区域是由同种材料制成的，任何两条平行于光轴通过两相邻区域的光线的光程差应至少等于 $CL \cdot n_c / (n_c - n_i)$ ，其中 CL 是所用光源的相干长度， n_c 是透镜材料的折射率， n_i 是透镜周围媒质的折射率。例如，将 $n_c = 1.5$ ， $n_i = 1$ 代入上式，结果为 $3CL$ 。当，例如，区域之间的台阶高度为 $CL / (n_c - n_i)$ 时，可以满足上述条件。以上选择的 n_c 和 n_i 和例如 2 微米的相干长度，产生 4 微米的台阶高度。

在通过透镜相邻区域的光线在物点和像点之间的光程差至少等于所用光源的相干长度的地方，通过相邻区域的光线不会发生干涉，正如将参照附图详述的，从而在多种应用方面，较常规透镜更有利。例如，在双焦点透镜中可以消除不同焦距区域之间的干扰干涉（disturbing interferences）。

如果配置台阶使得通过相邻区域的光线在物点和像点之间的光程差小于所用光源的相干长度，但至少等于所用光源的 $1/2$ 相干长度，通过相邻区域的光线的干涉会减少但并未完全抑制，这对于某些应用可能已经足够了。因此具有这种减低台阶的分区透镜也是本发明的主题。

在本发明的一个实施例中，提供了一种相邻区域有不同厚度的透镜，其中区域之间有台阶。透镜相邻区域之间的台阶高度必须至少等于 $|\lambda^2 / (\Delta \lambda (n_c - n_i))|$ ，其中 λ 是所用光源的平均波长， $\Delta \lambda$ 是所用光源的波长分布的半值宽度， n_c 是透镜材料的折射率， n_i 是透镜相邻媒质的折射率。相干长度由 $CL = \lambda^2 / \Delta \lambda$ 给出。当使用相干长度在大约 $1 - 10$ 微米范围的可见光时，透镜相邻区域之间的台阶高度，以微米计，必须至少为 $5 / |(n_c - n_i)|$ ，其中 n_c 是透镜材料的折射率， n_i 是透镜相邻媒质的折射率。台阶高度较好至少为 3 微米，最好至少为 10 微米。因为标准透镜材料的折射率约为 1.5 ，而且用“白光”照明的物体重发出的光的相干长度通常在 3 微米左右，而极少在 5 微米以上，所以通过这样一个台阶高度可以有效地消除不同区域之间的干涉。

根据本发明的这样一种透镜可以，例如，提供一个中心圆域，周围是相邻的同心环域，其中所有区域的表面积都相等。正如参照附图所详述的，这种分区透镜可以满足宽的有效光焦度分布和高的允许通过的光强的其它方面的相矛盾的要求。为了消除来自区域之间台阶侧表面的杂散光，在本发明的这个实施例中，最好在区域之间的台阶侧表面上有一种吸光材料。

光线从物点经过透镜到达属于这个物点的共轭像点的光程由透镜外部的两个值和透镜内部的一个值组成。鉴于上述考虑，通过两个相邻区域的光线的光程差至少等于相干长度。如果一如多焦点透镜的情况—有几个像点与一个物点共轭，通过相邻区域的光程必须以物点与总是相同的像点的

间距计算。任何有效的共轭像点，可以是实的或虚的，都可以用于此目的。

属于一个特定物点的共轭像点的确定是已知的现有技术。但是，其实现方法的例子将在附图的描述中再简要叙述。

本发明进一步的优点和详述将参照附图在以下说明。

这些显示在：

图 1a 和图 1b，辐射表面的光线角的图解表示，

图 2 一个透镜的有效光焦度分布，

图 3 有效光焦度分布的半值宽度与透镜孔径的依赖关系，

图 4 相对于光源波长归一化的有效光焦度分布的半值宽度与透镜表面积的依赖关系，

图 5 不同孔径的透镜的有效光焦度分布，

图 6 一个圆形表面与一个等面积的环形表面的干涉图的比较，

图 7 不同物体的反射光谱，

图 8a 本发明的一个实施例，

图 8b 本发明的第二个实施例，

图 9 本发明的第三个实施例，

图 10 根据本发明的接触透镜，

图 11 显示透镜结构的辅图，

图 12 根据本发明的透镜与面积为该透镜 1/10 的常规透镜的有效光焦度分布比较，

图 13a 和图 13b，区域之间无和有干涉的双焦透镜的有效光焦度分布，

图 14 由双折射材料制成的透镜的有效光焦度分布，

图 15 本发明的一个进一步的实施例，

图 16 一种常规透镜与一种由常规透镜同根据本发明的透镜组成的系统的有效光焦度比较，

图 17 至图 20，本发明的进一步实施例，

图 21 包括常规的和根据本发明的不同的折射双焦分区透镜的有效光焦度比较，

图 22 对于-5 屈光光焦度的像点，光程与光线距透镜中心点的距离的依赖

关系，

图 23 本发明的一个进一步的实施例，

图 24 常规折射双焦分区透镜的光程差与光线距透镜中心点的距离的依赖关系，

图 25 光程与光线距根据本发明的有效光焦度为 3.75 屈光度的双焦点分区透镜的中心点的距离的依赖关系。

已知一个辐射表面越小，它发出的光的线宽就越大。这个物理事实可以通过干涉检验来解释：图 1a 以图解方式显示了一个较小的表面 1，它发出，例如，相干光 2，其中传播的所有部分波在发射处可能有相同的相位。边缘光线或光波之间发生初始的相消干涉的线宽 α_A 大于图 1b 所示的同等条件的线宽 α_B 。据此可以直接得出结论：例如，一个小孔径的透镜比大孔径的透镜有更大的景深。

这个事实的实际应用以所谓的花散（stenopaic）眼镜为代表：根据，例如，Graefe-Saemisch: Handbuch der gesamten Augenheilkunde [Handbook of General Optical Medicine], Wilhelm Engelmann publications, Leipzig 1910, page 178，花散眼镜“其特征不在于，通过这些装置（注释：光学折射装置），其中视网膜上的影像的大的焦距不会因改变光路而引起，但可以尝试通过合适的孔径即通过限制入射光束来减小弥散圆的尺寸。这种眼镜最简单的形式是一个有很小的孔的光阑”。

这种花散眼镜在光强的减少和视场的限制方面有很明显的缺点；此外，还有分辨率方面和光学装置随景深的增加而普遍减少方面的缺点。但是，对于不同的光学应用，对比和分辨率的减少是可以接受的。

窄视场的缺点可以通过使孔离眼睛更近一些，即将“眼镜”做成一个接触透镜（或一个眼内透镜）来减轻。光强减少的缺点有时可以通过具有几个相邻的孔而克服（见 Graefe-Saemisch, loc.cit）。但是，由于存在相邻的孔，来自不同孔的光波之间会发生干涉，对像质有不利影响。

根据本发明，可以使一个辐射表面的每一单个部分区域发出的光实际不受其它部分区域的影响，使得，单个部分区域后面的干涉图互相独立存在，因而不会与来自不同部分区域的波列发生干涉。这样，例如，在不减少由

限制入射的光束至极小孔径获得的光学优点的条件下，花散眼镜或透镜的光强可以大大增加。此外，根据本发明，可以制造一个相对大孔径的透镜，它具有一个小孔径透镜的景深，而比小孔径的相当透镜允许多得多的光强通过。进而，根据本发明，可以制造一种装置，有了这种装置，大孔径的常规透镜可以获得小孔径透镜的光学特性。这种大孔径和光强的“花散透镜”可以用于光学仪器和光学和眼科装置的很多方面。例如，这样，可以制造眼科视力辅助仪器，用于校正老花和/或用于校正散光。此外，根据本发明，还可能制造双焦点或多焦点分区透镜，其中单个区域之间的干涉被抑制了。还可能制造双焦或多焦透镜，其中仅有相同标称光焦度的区域能发生干涉。最后，根据本发明，可能制造菲涅尔波带片，它比常规菲涅尔波带片有整整两倍的光输出。

图 2 显示了一个 1 毫米直径和标称 4 屈光度的透镜的有效光焦度分布，即光线 2 的强度是根据有效光焦度 D_{eff} 绘出的。如能看到的，因为这个 1 毫米的小孔径，所以这个透镜提供了宽的有效光焦度的光谱。假定用分布的半值宽度 ΔP 来衡量光焦度分布的宽度；对于图 2 中评价的透镜，半值宽度（对于 560 纳米的光波长）为大约 4 屈光度。

一个透镜的有效光焦度分布的计算—如，例如，图 2 所示—可以用不同的方法完成。以下简要叙述两种方法：

方法 1：

来自位于透镜前表面前 g 米的透镜轴上的物点 O 的 j 条连线画到平均分布在透镜前表面的 j 个点处。然后，从前表面的 j 个点分别画 k 条连线到平均分布在透镜后表面的 k 个点处。（通过数学估算，有道理将这 j 个和 k 个点放在正交的网点上）。然后位于后表面的 k 个点连到位于透镜后面 b 米的透镜轴上的像点 B 处（ g 和 b 也可以是负值）。

这样总共有 $j*k$ 个波列连接物点 O 和像点 B 。 O 与 B 之间的光程 L_{jk} 就由这 $j*k$ 个波列中的每一个决定。于是像点 B 处合成的振幅有：

$$A_{\text{res}} = \text{常数} * (\sum \sin \phi_{jk} + \sum \cos \phi_{jk}) ; \phi_{jk} = (L_{jk}/\lambda) 2\pi,$$

其中 λ 是光源的波长，求和必须扩展到所有的 j 和 k 项。 B 处合成的光强则为 A_{res}^2 。

对应的“有效光焦度” D_{eff} 进一步由下式给出：

$$D_{\text{eff}} = 1/g + 1/b$$

分布曲线如图 2 所示，通过改变 g 或 b 获得； g 和 b 两个值还可以同时改变。

方法 2：

如方法 1，物点 O 连到透镜前表面平均分布的 j 个点。这些连线就代表 j 条光线，对这 j 条光线，用折射定律获得透镜内 j 条屈折的光线。这 j 条屈折的光线到达透镜后表面的 j 个点；现在这 j 个点中每个点都连到点 B 。这样，点 O 与 B 之间得到 j 条波列，相应地得到 j 条波列的光程差 L_j 。 B 处的合成振幅则由下式给出：

$$A_{\text{res}}' = \text{常数} * (\sum \sin \phi_j + \sum \cos \phi_j) ; \phi_j = (L_j/\lambda) * 2\pi$$

求和必须扩展到所有 j 条波列。

当求和发生在足够多的光线与点时，两种方法给出了实际相同的结果。因为用方法 2 计算的复杂性小得多，所以优先使用这种方法。以下提出的透镜的特征也是根据方法 2 的原理得到的。为了计算不同的有效光焦度 D_{eff} ，像距 b 可以进一步保持不变而仅改变物距 g ，从而，明确地不必考虑振幅的 $1/r$ 损失。

根据上述有效光焦度 D_{eff} 的公式，应当注意一个给定物宽 g_k 与共轭像宽 b_k （或一个给定像宽 b_k 与共轭物宽 g_k ）的联系近似如下：

$$D = 1/g_k + 1/b_k$$

其中 D 是透镜的标称光焦度。这个近似是有关薄透镜的，其两个主平面实际重合。此外，这些条件仅适用于空气中或真空中的透镜。如果当共轭值 g_k 和 b_k 用于有效光焦度 D_{eff} 的情况下，仅对于真空中的薄透镜，获得标称光焦度。在其它情况下，以上给出的关系（ $D_{\text{eff}} = 1/g + 1/b$ ）代表“有效”光焦度 D_{eff} 的定义。

如果透镜前的媒质折射率为 n_v ，透镜后的媒质折射率为 n_h ，共轭物距或像距可以借助通过透镜的光路的计算来确定。由此，光线在折射透镜表面的偏折通过斯涅耳折射定律计算。在球形曲面的透镜表面和小透镜孔径的情况下，可以使用以下基本关系：

$$n_1/a + n_2/b = (n_2 - n_1) / r .$$

其中 n_1 是折射表面前面的折射率， n_2 是折射表面后面的折射率， r 是该折射表面的球半径， a 和 b 是沿折射表面上的法线在折射表面前和后测得的距离。在任何情况下，对于一条发自物点的光线，共轭物距和像距可以被确定；此外，借助于这里所述的 - 和已知的 - 考虑，可以设计一个透镜或一个透镜区域使得源自物点的所有光线在相同的共轭像点处屈折，见以下。

有效光焦度分布的 ΔP 与透镜孔径 A (和波长) 的关系见图 3。注意这个半值宽度与透镜的标称光焦度无关。

图 4 可以由图 3 的结果导出，如能看到的，光焦度分布的半值宽度 ΔP 可以作为一个用虚线在图 4 所示的函数的好的近似给出：

$$\Delta P = \lambda * 0.0056 / F$$

其中 ΔP 是以屈光度为单位的半值宽度， λ 是以纳米为单位的波长， F 是以平方毫米为单位的辐射透镜表面积。

从图 5 的结果可以看出，半值宽度随透镜表面积的增加而减小，其中根据标称光焦度为 4 屈光度的透镜的有效光焦度 D_{eff} 画出在透镜表面积 F 上归一化的光强 I 。孔径 $A = 3.16 = \sqrt{10}$ 毫米的透镜的表面积是直径为 1 毫米的透镜的十倍，较大透镜的半值宽度 (从而景深) 相应较小。

为了理解本发明，现在重要的是，当一个圆形表面 5 与同这个圆形表面同心的一个环形表面 6 的面积相等时，画在图 6 中圆形辐射表面 5 后面的干涉图 (7)，就是环形表面 6 后面的干涉图 (8)。这个结果可以，例如，从菲涅尔波带片的理论中直接导出。

为了增加光强，圆形表面被需要量的同心环围绕着。为了获得小面积辐射表面的光学特性，对于一个使用这种小表面的系统，必须阻止来自单个小表面的波的干涉。来自一个辐射表面的不同部分区域的光波的干涉至少有发出 (或重发) 光的相干长度的差异；光程从光发出处到干涉或非干涉 (像点或潜在像点) 处计算。

如标准著作 (例如，Bergmann-Schäfer, Optik [Optics] pps 331 ff, Max Born, Berlin-Heidelberg, New York 1972, p.111) 中所述，两

条光波当其光程差小于相干长度 $C.L. = \lambda^2 / \Delta \lambda$ 时, 则发生干涉, 其中 λ 是平均波长, $\Delta \lambda$ 是光源传输光谱的波长分布的半值宽度。“白光”的相干长度大约为 1 微米 (见 Bergmann-Schäfer, loc.cit p.333); 这个值用 $\lambda = 55$ 纳米及 $\Delta \lambda = 300$ 纳米(白光包含的波长范围大约是 400 ~ 700 纳米) 代入即得。

在光学及眼科的应用方面, 通常正在研究物体重发的光。图 7 中显示了蓝色车漆的重发光谱 10、一束玫瑰花中的叶子的重发光谱 11 及一只黄苹果的重发光谱。这些物体的相干长度为 2 微米, 3.6 微米和 2.3 微米。从这些结果可以作出结论: 物体发出的可见光的相干长度极少超出大约 5 ~ 10 微米的范围 (比较而言, 极窄波长范围内发射的激光有好几米的相干长度)。

例如, 现在为了构成透镜的单个区域, 使光波不因不同的区域而在透镜后发生干涉, 只要使通过不同区域的与光波对应的光线的光程差至少为相干长度就够了。这种分区透镜或光学装置下文中称作“相干长度校正”。

图 8a 显示了一种可能的实施例。透镜 15 的每个区域 16 的标称光焦度相同 (标称光焦度这里是有效光焦度分布曲线的最大值; 见图 2)。区域 16 的前表面或后表面的曲率可以根据已知的透镜公式计算出来。进而, 可以构成区域 16, 使得通过给定区域 16 的所有光线从物点经过区域 16 到相应标称光焦度的共轭像点 (在负透镜或区域 16 的情况下, 像点为虚像点) 的光程完全相等 (“等明的”这个词有时用于这种透镜或透镜区域)。透镜的单个区域 16 现在的厚度不同, 因此区域之间的边界处有台阶 17。区域 16 之间单个台阶 17 的高度现在必须至少等于 $C.L. / (n_1 - n_i)$, 其中 n_i 是透镜 15 相邻媒质的折射率, n_1 是透镜材料的折射率, 使得与通过不同的区域 16 的光线对应的光波的光程差大于所用光源的相干长度。如果透镜的轴代表, 例如, 一个坐标系统的 z 轴, 那么, 台阶 17 的高度是一个区域 16 的前表面或后表面的 z 坐标的最大值同这个区域 16 边上的区域 16 的前表面或后表面的 z 坐标的最小值的差的绝对值。

台阶可以, 如已述的, 自然位于透镜的前表面或后表面, 而且透镜的前后表面都有台阶的实施例也是可能的。为了避免台阶 17 的侧表面引起的杂

散光，可以将侧表面涂上一层吸光材料。相邻区域之间的台阶还可以是倾斜和/或弯曲的，这样相邻区域就不是通过圆柱壁的表面，而是通过圆锥壁或圆桶形壁相连。这种壁表面本身可以看作是有较小的总表面积和非常大的绝对折射光焦度的环形透镜。入射在壁表面的光线的（微小）量与入射在透镜上的光线的总量相比，很多被这些壁表面挡住，作为背景光强存在。在这种关系下，这些区域不应看作是根据本发明的分区透镜的“区域”，而更应看作是相邻区域之间的过渡区域。用吸光层覆盖这种壁表面也是很有用的。

根据图 8a 的透镜，例如，可以做成一个接触透镜。近几年来，发展了多种方法利用一束激光（准分子激光器）使角膜本身合适地切除用于校正眼中的折射误差。由于精确度的关系，原则上，由于利用激光剥离角膜层很精确，有可能直接在角膜表面作合适的相干长度校正。折射率 n_i 此时就是角膜的折射率（大约为 1.37）。

如果不需要透镜前表面或后表面的台阶，所需的光程差同样可以通过使用不同折射率的材料制造透镜的单个区域来获得。图 8b 图解显示了这样一种透镜：区域 19（图 8b 中仅显示了其中两个）是一种折射率为 n_g 的材料，区域 20（仅显示了一个）是一种折射率为 n_k 的材料，区域 19 与区域 20 交替并列， $n_g > n_k$ 。对所有的区域 19，20 有相同的标称折射光焦度的地方，相邻区域 19,20 的曲率是不同的。这样可以构成属于单个区域的理论中心厚度： $t_1, t_2, t_3 \dots$ 。（用于计算标称折射光焦度的）通过单个区域的光线的光程差的好的近似由下式给出：

$$\Delta L_{12} = t_1 * (n_g - 1) - t_2 * (n_k - 1)$$

其中 ΔL_{12} 是通过区域 1 和区域 2 的光线的光程差。

类推可以得到：

$$\Delta L_{13} = t_1 * (n_g - 1) - t_3 * (n_g - 1)$$

一般地说，区域 1 和区域 m 之间光程差 ΔL_{1m} 由下式给出：

$$\Delta L_{1m} = t_1 * (n_1 - 1) - t_m * (n_m - 1)$$

其中 t_1 和 t_m 是属于区域 1 和 m 的中心厚度， n_1 和 n_m 是区域 1 和区域 m 的折射率。从这个条件看，可以推论，通过参数（折射率，透镜厚度）的合

适选择，使得通过任意两个区域的光线的光程差大于所用光源的相干长度是可能的。

例如，在接触透镜的情况下，一种台阶形的表面会降低佩戴的舒适性。但是，对于有两光滑表面的，也就是说厚度不变的透镜来说，相干长度的校正也是可能的。图 9 显示了一个可能的实施例。这个实施例中的台阶高度 21 现在至少为 $C.L./(n_1-n_2)$ ，其中 C.L. 是所用光源的最大相干长度， n_1 和 n_2 是两种透镜材料 22，23 的折射率。单个透镜区域的标称折射光焦距也相同。

图 10 显示了一个进一步可能的实施例，如一个接触透镜 24。在这种情况下，配置透镜 24 的后表面 24a 上的台阶 25，使得后表面 24a 的大约 50% 可以与角膜 26 适合，这样可以获得好的佩戴舒适性。区域 28 的一半有充满泪液 27 的缺口。现在，可能配置前表面 24b，使其分段均匀变化—即基本光滑—使得通过不同区域 28 的两条光线的光程差至少大于所用光源的相干长度。这个可能性基于以下（图 11）；当一个表面，如一个透镜或透镜区域的后表面 30 已经给定（这个后表面是旋转对称的但不一定是球形的），还有给定的初始厚度 t ，前表面 31 上的点 P_1 ， P_2 ， P_3 …可以算出，使得透镜或透镜区域有一个均匀的折射光焦距，即“等明的”。所有 P_i 点的连线表示前表面 31。则光线 34 从物点 32 传播到像点 33。类似的考虑应用在前述前表面上，其中在根据图 10 的透镜的情况下，必须考虑泪液分区透镜的影响。

图 12 显示了与有效折射光焦距 D_{eff} 有关的光线的强度 I ，其中曲线 35 显示了一个透镜的光强的分布，这个孔径为 3.16 毫米的透镜分为 10 个相干长度校正的区域。正如所见，这样一个透镜有 10 倍允许通过光线的光焦距，因而它的有效光焦距的光强分布与一个小 10 倍的仅有一个区域和 1 毫米孔径的透镜的有效光焦距相对应（曲线 36）。如果透镜的区域没有进行相干长度校正，比较而言，就有根据图 5 的有效折射光焦距的分布。

关于伴随单个有效光焦距的光强，应该注意的是，相干长度校正不能使允许通过透镜的总体光线容量增加，即无论区域的结构如何，直接在透镜后面整体测量的光线容量是相等的。区域的配置相应影响总体光线容量的

局域分布，但不是被传播的光线容量本身。

制造这种透镜的要求在某种程度上少于制造常规衍射透镜的要求（见，如 US 4, 340, 283, US 4, 637, 697）。这是因为对衍射透镜，台阶高度必须在精确的 $1/10$ 波长附近或大约 50 纳米（见，如 Stanley A. Klein 和 Zhuo-Yan Ho, “Multizone Bifocal Contact Lens Design” SPIE, Vol.679, p.25, Aug. 86）。对于相干长度校正的分区透镜只简单地需要使台阶高度不超出某个最小值（几微米）。

正如可见，根据图 12 的透镜有大约 4 屈光度的光强分布的半值宽度。因此这样一种透镜适合，例如，需要更远附加距离的老花的远视的校正。由于这种透镜的光强分布，这种透镜对于中等距离效果最好。正如已述，光强分布的半值宽度与透镜的标称折射光焦度无关，因此这种透镜可以用于正视、远视和近视。

如果不需要选择一个相干长度校正的透镜用于中等距离，那么有可能提供一种透镜的区域，例如，有交替的不同的标称光焦度。图 13a 显示了这种双焦点透镜的光强 I 与有效光焦度 D_{eff} 的关系，在这种透镜中 5 个区域的每一个（其面积为 $\pi/4$ 平方毫米）的标称光焦度为 2 或 6 屈光度。这种类型的透镜提供了，例如，一个大约 1 - 7 屈光度的近似常量的光强。如果，比较而言，这种透镜的区域没有进行相干长度校正，得到的有效光焦度的分布如图 13b 所示。这种透镜因此可能是三焦点的，其中平均光焦度同来自不同区域的光波的干涉有关。一个关于双焦点折射两区透镜的类似结果由 Klein 和 Ho（SPIE, loc.cit）获得。应该注意的是所谓的折射双焦点透镜，如根据 US-PS 5, 106, 180 和 PCT/JP92/01730，并不代表相干长度校正的透镜，在相干长度校正的透镜中，可以观察到不同光焦度的区域之间的干涉。

有交替的不同光焦度的透镜的区域，如能立即看到的，能由同一折射率的材料或不同折射率的不同材料制成。如果区域的折射率不同，有可能使透镜的两个表面不变或平滑，这可以从上述描述中推断出来（图 8）。如果透镜仅用一种单一材料，就必须在相邻区域之间设置台阶；由于台阶高度通常只有几微米，仍有可能使台阶透镜的表面近似光滑，即用过渡区域

代替台阶。这种过渡区域在制造这种透镜时实际上是不可避免的，例如采用旋转方式，而旋转磨床的半径不是无限小时。

解决有效光焦度分布的进一步可能是，相干长度校正的透镜由双折射材料制成。图 14 显示了一个直径 4.5 毫米的透镜的光强 I 与有效光焦度 D_{eff} 的关系，这个透镜分为等面积的 10 个区域，其中这些区域已经进行了相干长度校正。这个透镜由一种双折射材料制成，其折射率为 1.51（对于 o 光）和 1.66（对于 e 光）。曲线 40 显示了 e 光的光强，曲线 41 显示了 o 光的光强，曲线 42 显示了总光强。当区域进行了相干长度校正，单个区域就不发生干涉，当以已知方式互相正交的偏振光波不发生干涉时，o 光与 e 光就不发生干涉（见，如，Max Born，loc.cit，p.113）。这种透镜可以，例如，用于老花附加大约 -7D 距离的近视的校正。已知，使用一个偏振滤光片和双折射双焦点透镜，总有一个光焦度会被抑制（见，例如，US-PS 5，142，411）。

已知，如果从一个小孔径的孔看过去，一个散光眼可以在大距离范围内看清楚。这种视力帮助的缺点主要是通过孔的低光强。正如所述，用相干长度校正的分区透镜代替小孔可以使光强大大增加。这种分区“透镜”显然还可以具有零标称光焦度。

如果这种散光的校正不希望有对比或分辨率方面的损失，可以使用较大表面的区域，这种区域不是环形的，而是“椭圆环”。区域为环形时，相邻这个区域的第 m 个区域的两个半径表示为： $r_{m-1} = \text{常数} * \sqrt{m-1}$ ， $r_m = \text{常数} * \sqrt{m}$ ，一个关于椭圆两轴的类似构成定律可以应用于椭圆形的区域。如果椭圆的主轴是，例如，垂轴，则透镜在水平方向比垂直方向有更宽的有效光焦度分布（见，例如，Max Born，loc.cit，p.161）；因而一个相应的散光可以被圆柱面校正到几个屈光度。US-PS 5，016，977 中提出了一种有椭圆衍射区域但没有相干长度校正的透镜用于散光校正。

图 15 中图解显示了一个零光焦度的“分区透镜”45。在显示的例子中，分界的表面（45a，45b）是平面的，因此这种装置称为一个台阶片。前后曲率半径完全相等的区域有类似的配置，为了简便起见，这样一种配置也称为一个“台阶片”。

从前述内容可以立即推论：这样一种台阶片的一个进一步的实施例可以是不同折射率的光学材料被用于单个区域中。

上述这种类型的台阶片主要用于改变通过单个区域的光波或光线的光程，使得这些波不再干涉。当这样一种台阶片 45 与一个常规透镜 46 一起使用时（见图 16），这种组合的光学特性相当于上述仅一个标称光焦度的相干长度校正的台阶透镜的光学特性。这样一种系统具有的有效光焦度分布 47 的半值宽度比常规透镜 46 本身的相应分布 48 更大。

原则上，当，例如，仪器的景深必须增加，例如通过一个显微镜以便更迅速地发现目标时，有可能，可能是暂时的，需要将一个台阶片放入光学仪器的光路中。

图 17 图解显示了一个零标称光焦度的台阶片 49 的进一步的实施例。在这种情况下，单个区域 50 具有，例如，一个六边形的横截面。每个区域 50 的每个高度 51 与其它任何区域 50 的高度相差至少 $C.L./(n_z - n_u)$ 。在这种情况下 C.L. 是所用光源的相干长度， n_z 是透镜材料的折射率， n_u 是透镜相邻媒质的折射率。这样也保证了通过不同区域 50 的光波不发生干涉。

如果根据图 17 的一种台阶片与一个常规透镜一起使用，当考虑前述沿透镜轴的光强分布时，这样一种组合比类似使用一个根据图 15 的台阶片，其有效光焦度分布曲线要窄得多。如果，另一方面，沿对应于标称光焦度的焦点到区域中点的连线考虑光强分布，当光线平行于透镜的轴入射时，获得的光强分布的半值宽度对应于区域的表面积（见图 4）。无论如何，这样一种排列同样有助于增加透镜或一个透镜系统或光学仪器的景深。

建议上述所谓的台阶片的将相干光转变为非相干或不干涉光的装置可以有除了圆形、环形或六边形以外的区域横截面。

自然，可能将一个根据图 17 的台阶片与一个折射透镜组合成一片；上述提到的方法这里可以用于区域的表面的设计。图 18 图解显示了一种透镜 52，它具有有相同横截面形状的相干长度校正的区域。

在上述相干长度校正的分区透镜有同心环形区域的情况下，假设区域表面具有相同的面积（菲涅尔区域形状）。但是，同样可能使用面积从内到外递增的区域。因而，随着透镜或光瞳的孔径增加，焦深随增加的同时反

而减小。如果单个区域有交替的两个不同的标称光焦度，随着孔径的增加，透镜双焦点的间距会随着分界明显的光焦度的增加而增加。理论上，当区域的面积从内到外递减时，也可以获得相反的特性。

正如所述，对于常规折射双焦点分区透镜，不同标称光焦度的区域之间有干涉。如果不需要这种干涉，通过在相邻区域之间设置台阶，有可能使区域之间不发生干涉。图 19 显示了一种可能的实施例。这样一种分区透镜 55 有两种类型的区域 56，56'，它们的标称光焦度不同。还需构造这种透镜 55 使得通过相同标称光焦度的区域（56，56'）的光线从物点到相应的共轭像点（ B_1 或 B_2 ）的光程全部相等。现在为了避免菲涅尔干涉，如果可能，最好使有相同光焦度的区域的面积不相等。这种透镜就代表近似实际的“折射”双焦点分区透镜，即抑制了不同折射光焦度的区域之间的干涉。

已知菲涅尔波带片可以用于电磁波聚焦（在干涉的第一级）。常规的非涅尔波带片的波带交替地透明和不透明，导致光强损失 50%（在有关干涉级中）。图 20 显示了根据本发明的菲涅尔波带片的一种变型，其中不发生光损失。这种分区透镜 60 的区域 61，61' 的厚度交替为 d_g 和 d_u ，且满足 $(d_u - d_g) * (n_1 - n_2) > C.L.$ ，其中 C.L. 是要聚焦的电磁线的相干长度， n_1 是透镜材料的折射率， n_2 是环境的折射率。这两种类型的区域（61，61'）就代表互相独立的菲涅尔波带片。这样一种波带片 60 的光输出是常规波带片的 2 倍。

这种变型的波带片的单个区域现在还可做成不同标称光焦度的，因而这种波带片或分区透镜将是双焦点的。这个概念进一步发展，这种透镜还可做成多焦点的。在上述这种类型的双焦点分区透镜的情况下，主光强直接位于干涉的零级，并且 ± 1 ， $\pm 2 \dots$ 级高级光的光强锐减。

从已述内容可以直接推论：不同光学材料可以代替单一光学材料用于单个区域中。这样就可省略这个波带片的其中一个表面的台阶。有不同折射率的材料还能一如所有至此描述的透镜的情况—与台阶区域组合。

总之，可以说具有同心环形区域的由各向同性的光学材料制成的波带片或分区透镜可以分为以下几种：

标准 I：分区表面的几何比例

I.1 菲涅尔区域：这种区域具有相同大小的面积

I.2 对于单个区域有任意面积

标准 II：相干长度校正的类型

II.A 无校正（=常规分区透镜）

II.B 相同标称光焦度的区域有相同的光程

II.C 不同区域之间的光程差至少为相干长度

标准 III：区域的标称光焦度

III.a 所有的区域具有相同的光焦度

III.b 不同的区域具有不同的光焦度

三种标准的交替可以容易地互相组合以获得特殊的光学装置。如果在标准 II 中，选择选项 A，就获得常规透镜，另一方面，根据本发明的选项 II.B 和 II.C 能造出新型的透镜。I.1*II.C*III.a 的组合代表相当于图 12 的透镜；常规折射区域，例如 US - PS 5, 106, 180、US - PS 4, 704, 016、US - PS 4, 795, 462 或 PCT/JP92/01730 相当于 I.2*II.A*III.b 的组合。

在图 21 中，比较了不同双焦点透镜的有效光焦度分布。图 21a 显示了一种常规双焦点分区透镜的分布，以下已知为透镜 A，其中所有区域的宽度均为 0.33 毫米；图 21b 显示了根据本发明的一种双焦点分区透镜（透镜 B）的分布，其中仅相同光焦度的区域之间发生干涉；图 21c 显示了当所有区域均独立（相干长度校正）时的相应分布（透镜 C）。图 21d - f 表示了透镜中相等面积的区域相应分布，其中图 21d 也是一个常规透镜（透镜 D），其各区域之间有不变的过渡；图 21e 和图 21f 相当于根据本发明的透镜，其中图 21e 中（透镜 E）仅具有相同光焦度的区域之间发生干涉；图 21f（透镜 F）区域之间无干涉。如能所见，常规折射分区透镜（透镜 A 和 D）是相干长度校正实施例（透镜 B、C、E 和 F）的基础。透镜 C 和 F 的极宽光强分布可以归因于互相独立的区域有极小的表面积这一事实。如果要求更大的对比度，可以减少区域的数量或增加区域的表面积。特别注意的是透镜 A 比透镜 B 的光焦度低-5D。这可以通过比较通过单个

区域的光线的光程（对于-5D光焦度的像点）立即得到解释（见图22）：通过透镜A的所有光线的光程差（曲线65）仅为2.8微米，因此不同的—明显的主要的相消的—干涉发生在-5D光焦度的像点处。对于相干长度校正的透镜B（曲线66），在-5D光焦度的区域所有的光线全部发生相长干涉，来自其它-2.5D的区域的射线的光程至少大于10微米，这样就不会同来自-5D的区域的射线发生干涉。

可以明确地参考以下事实，即对于所有相干长度校正的折射分区透镜，有效光焦度最大值处的相长干涉总是位于零级；因此这种透镜实际上没有色差，如同衍射双焦点透镜的情况。还可以参考这样一个事实，即常规折射分区透镜同样与光源的波长的光焦度分布有很大关系，如同单个区域之间经常发生的与波长相关的干涉（见图22）。

在以前的实施例中，通常假设单个区域的标称光焦度是折射光焦度，即这些光焦度可以通过几何光学的方法确定。但是，本发明还扩展到分区透镜，其中单个相干长度校正的区域相对于另一个区域有衍射光焦度。图23图解显示了这样一个相干长度校正的衍射透镜75。如能所见，单个区域76有衍射的次区（76'，76''，76'''），通过次区76'，76''，76'''的光线的光程差以一个已知的方式具有固定的关系。但是，通过不同的区域76的光线的光程中，可以应用根据本发明的相干长度校正条件。当，例如，必须增加一个衍射透镜的两个光焦度的景深时，即当必须增宽两个光焦度的光强分布时，这样一种相干长度校正就很有优势了。此外，由于制造原因，有时很难实现所要求的离得很远的衍射区域之间的固定相位条件；内部或外部上的区域之间的0.1微米级的表面构造上的误差会造成来自这种“未调谐”（Untuned）的区域的射线的不需要的相消干涉。另一方面，与获得相邻次区76'，76''，76'''的所需精度相比，又是比较容易的。通过必须制造所需精度的衍射次区76'，76''，76'''和由于干涉原因必须隔离衍射区76，可以达到这个目标。对于这种透镜76，以光焦度获得了单个区域部分光强的总和，并且不是振幅的矢量和—在“未调谐”区域中减少。

为了澄清和总结本发明，图24显示了常规折射双焦点分区透镜（标称

光焦度 2.5, 5.0 屈光度, 有交替的区域) 的光程差 D ; 这个透镜则未经相干长度校正。图 24 显示了在自透镜中心的不同距离 A 处不同有效光焦度 D_{eff} 的光线给出的光程差。如能见到的, 当某个区域的标称光焦度相当于有效光焦度时, 通过这一个区域的所有光线有相同的光程, 其中通过不同区域的这些光程或这些光程的平均值是不同的。对一个代表两个标称光焦度的平均值的的有效光焦度 (例如, 3.75 屈光度) 来说, 通过所有区域的光线的光程的平均值是相同的。这解释了为什么两个标称光焦度之间能观察到一个光强最大值 (见图 13b)。为了比较, 图 25 显示了在 3.75 屈光度有效光焦度的相同标称光焦度的相干长度校正的折射分区透镜的实施例的结果。这种透镜的单个区域之间有, 例如, 台阶, 它造成通过在共同的区域分界为大约 10 微米的紧邻的周围的不同区域的两条光线的光程差。如图 25 中可以看到, 对于小于大约 10 微米的相干长度, 来自不同区域的光波不会发生干涉, 这意味着对于这个有效光焦度, 有一个来自单个区域的标量光强的总和 (见图 13a)。自然, 通过两相邻区域的光线的光程差, 同样对于将要描述的透镜的另一个有效光焦度, 为大约 10 微米, 但是为了表现关系的特性, 相当于不同 (或相同) 标称光焦度的两相邻区域的平均值的的有效光焦度的条件是合适的。

本实施例涉及可见光范围的电磁射线的条件。自然, 类似的考虑还可以用于涉及其它类型和/或其它波长范围的波动形光线的装置。

前面的实施例所述的关于分区透镜相干长度校正的考虑自然也可以应用于可见电磁射线的反射镜和分区反射镜的特性, 或同样用于其它波长范围的电磁射线。透镜的成像方程可以简单地转移到反射镜的成像条件, 见, 例如, Bergmann-Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Vol.3, Optik [Manual of Experimental Physics, Vol. 3, Optics] Berlin, New York 1993, page 88。通过它可能很容易地使熟练的技术人员使用上述考虑和条件用于成像的反射镜或反射镜系统的条件。因此, 经过相干长度校正的成像反射镜系统, 也是根据本发明的装置, 即使它们没有被完全讨论。

作为一个例子, 已知一个抛物面反射镜将平行于反射镜的轴入射的电磁

射线聚焦于焦点上。现在可能需要一个反射镜将入射射线聚焦在不同焦点上。当反射镜由不同焦距的不同的区域组成时，可以实现这一点。如果这样的分区反射镜的表面是常数，从反射镜的单个区域的射线的干涉干涉（例如相消干涉）会在单个焦点处发生。如果，另一方面，在一个多焦点反射镜的相邻区域之间设置台阶，而且从单个区域到达焦点的波的程差至少为入射射线的相干长度，这种可能的干涉干涉的例子就被抑制了。

如果射线用于某种透明的材料，即这种材料可以给出一个折射率，反射镜的分区—类似于以上所述的考虑—也可以用不同折射率的材料覆盖，以获得合适的相干长度校正。

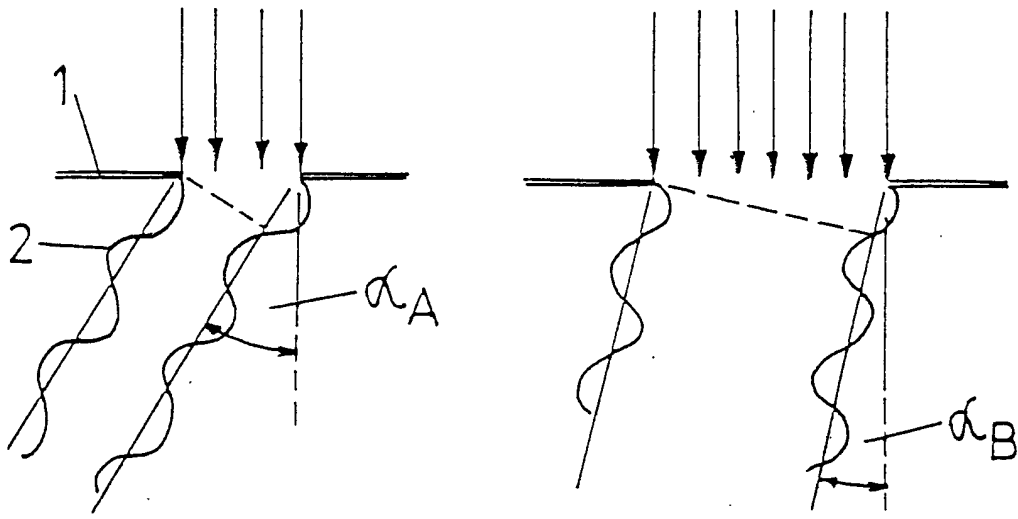


图 1a

图 1b

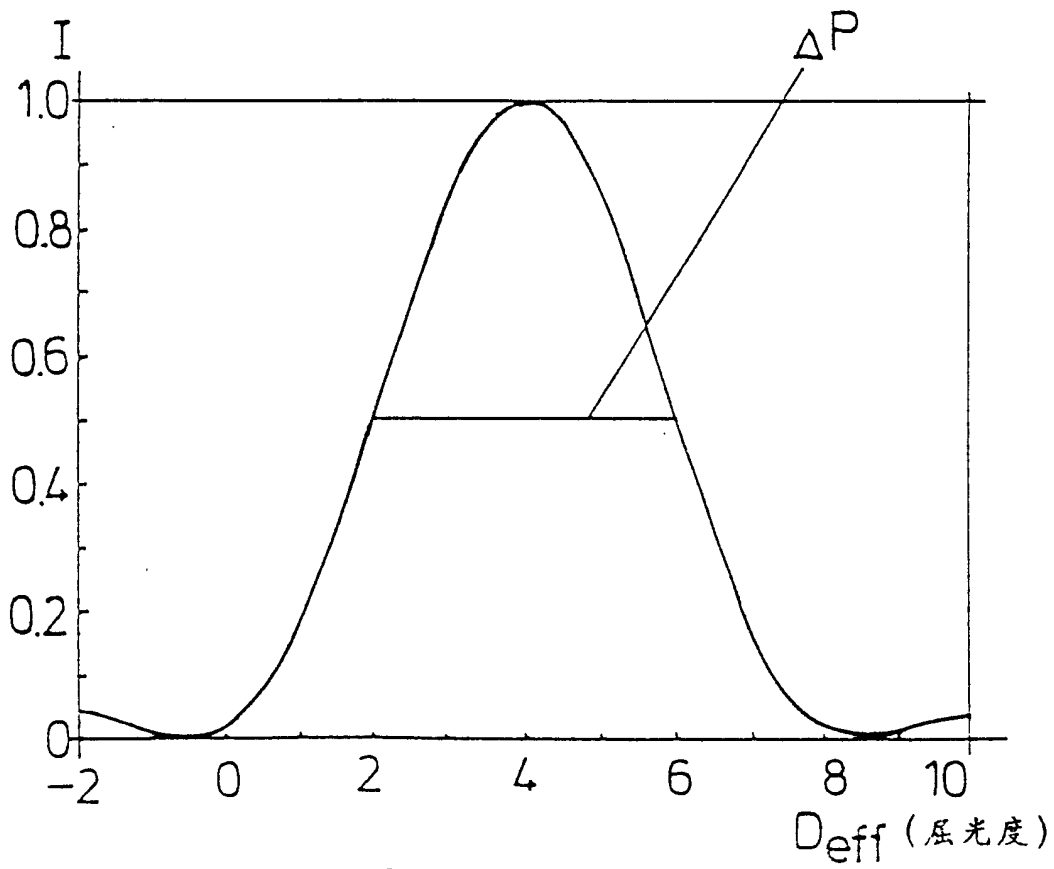


图 2

图3

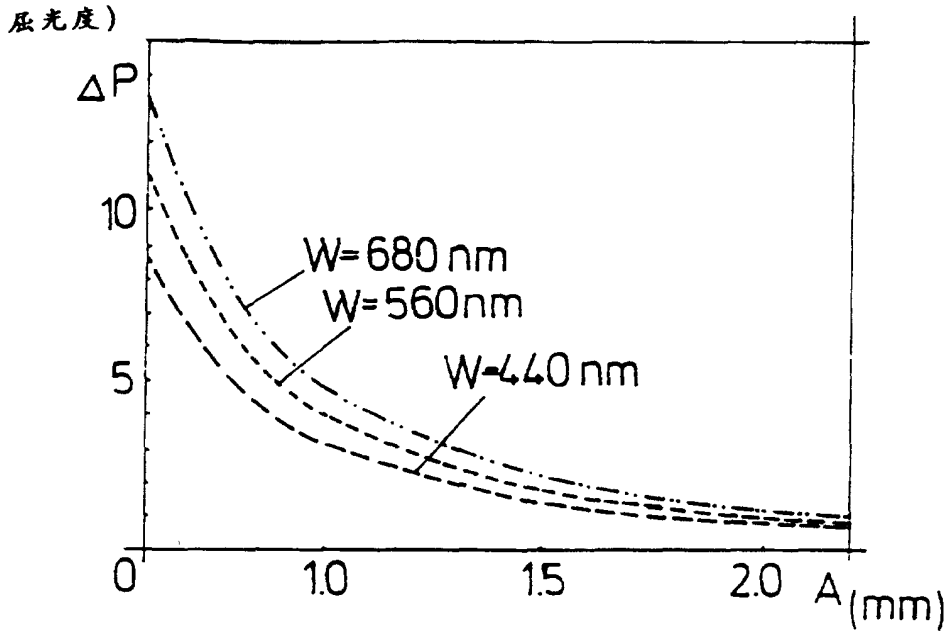


图4

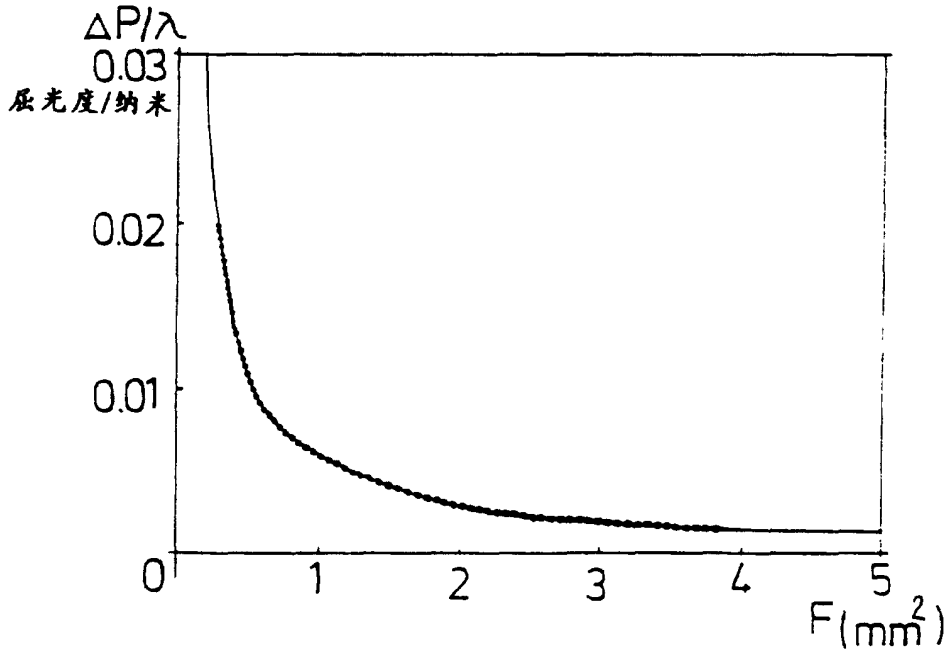


图.5

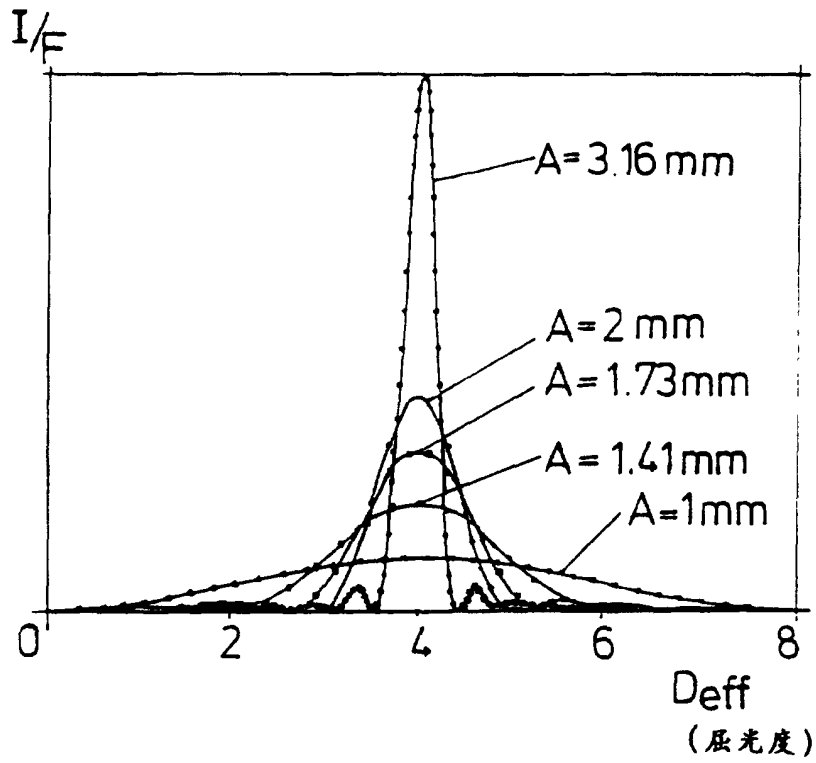


图6

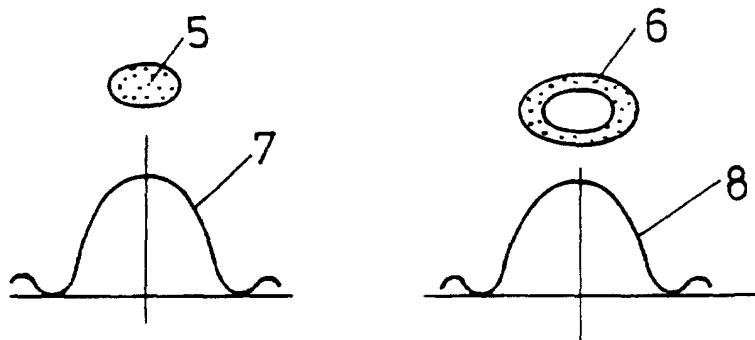


图.7

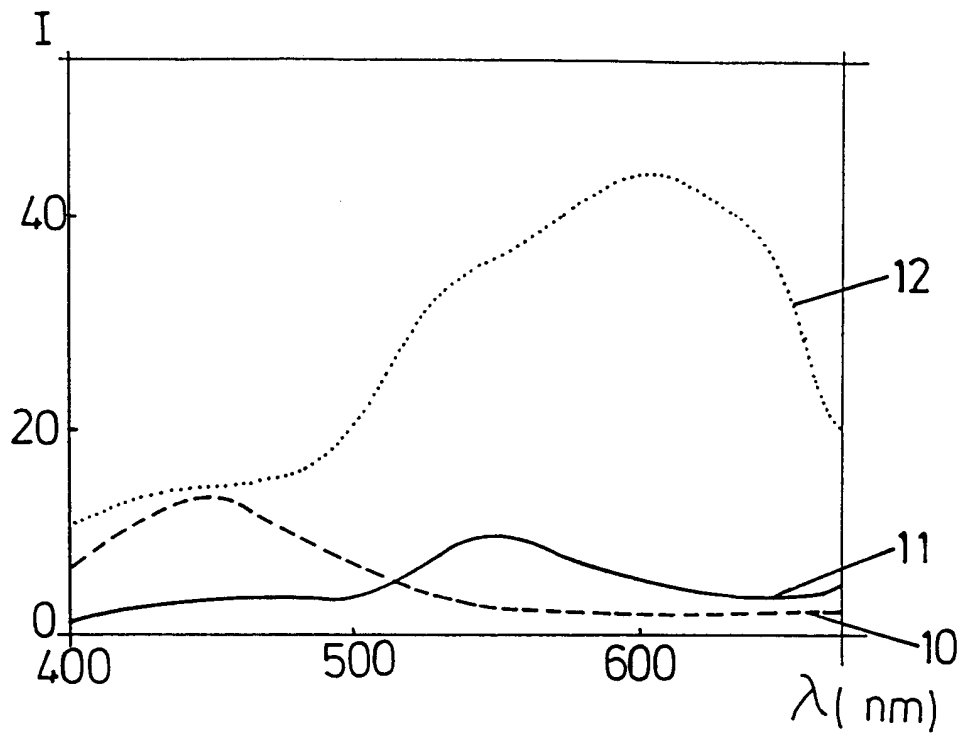


图.8a

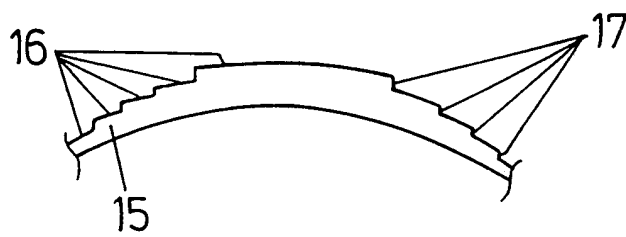


图.8b

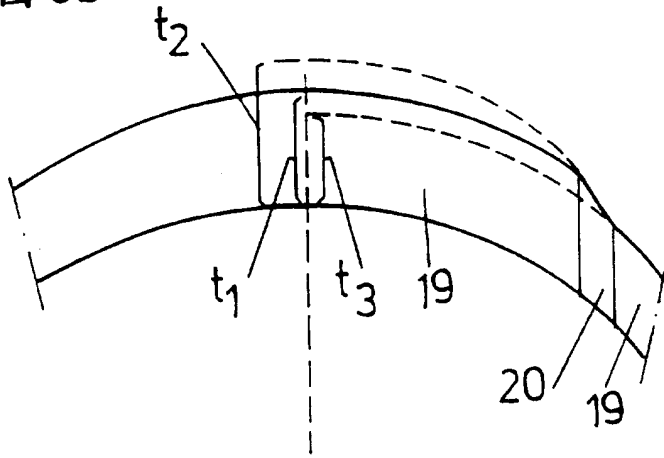


图.9

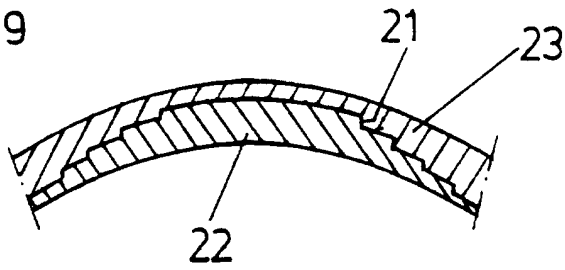
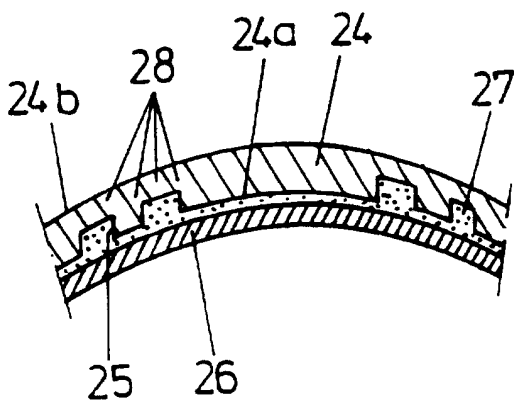


图.10



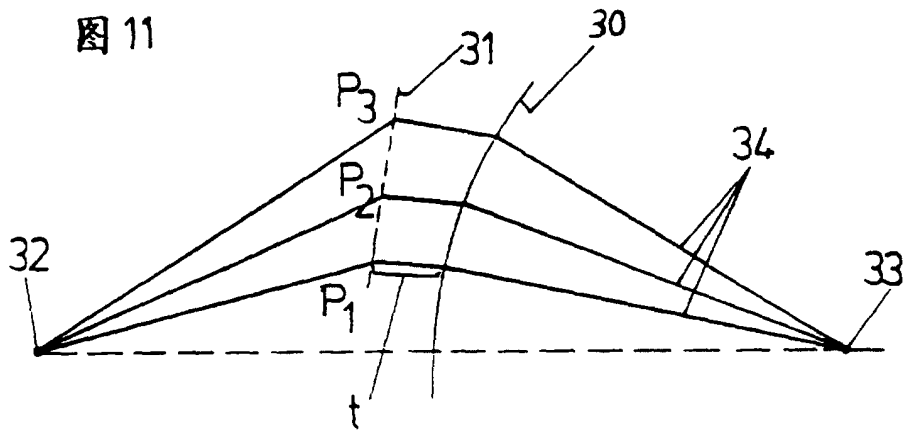


图 12

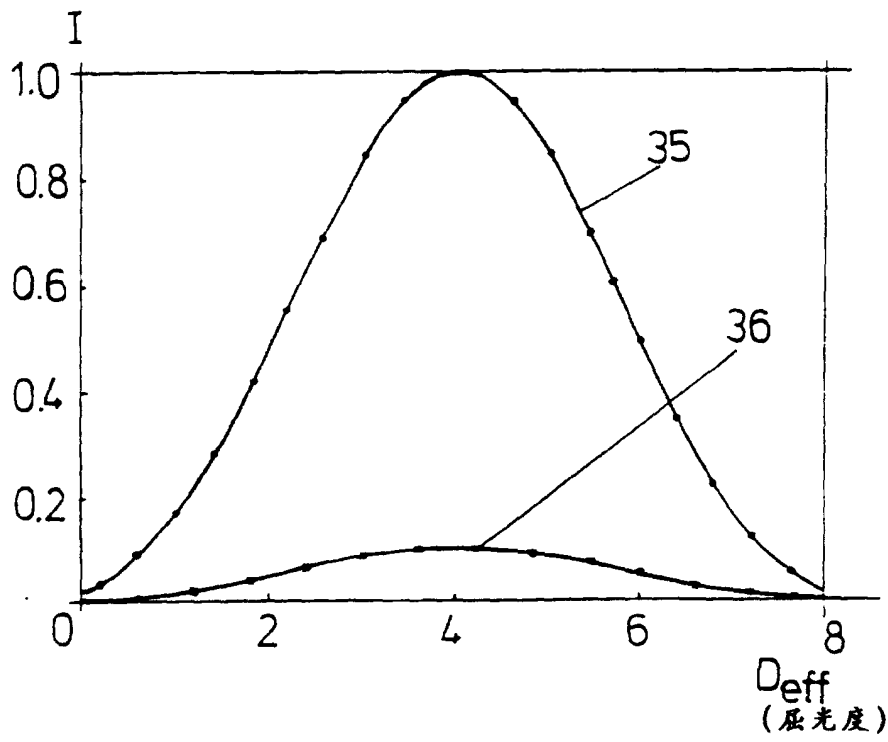


图 13a

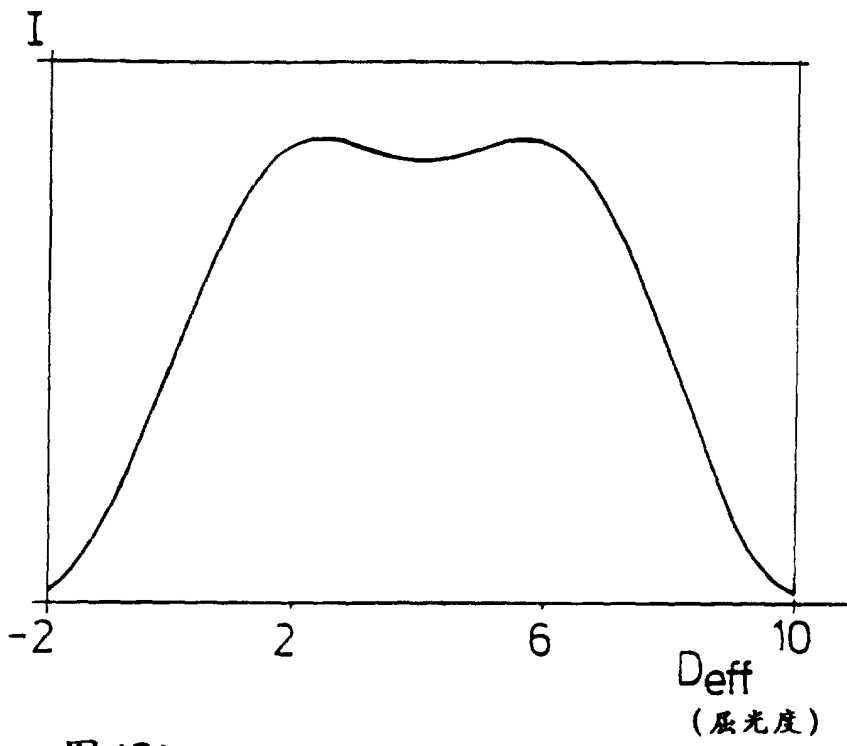


图 13b

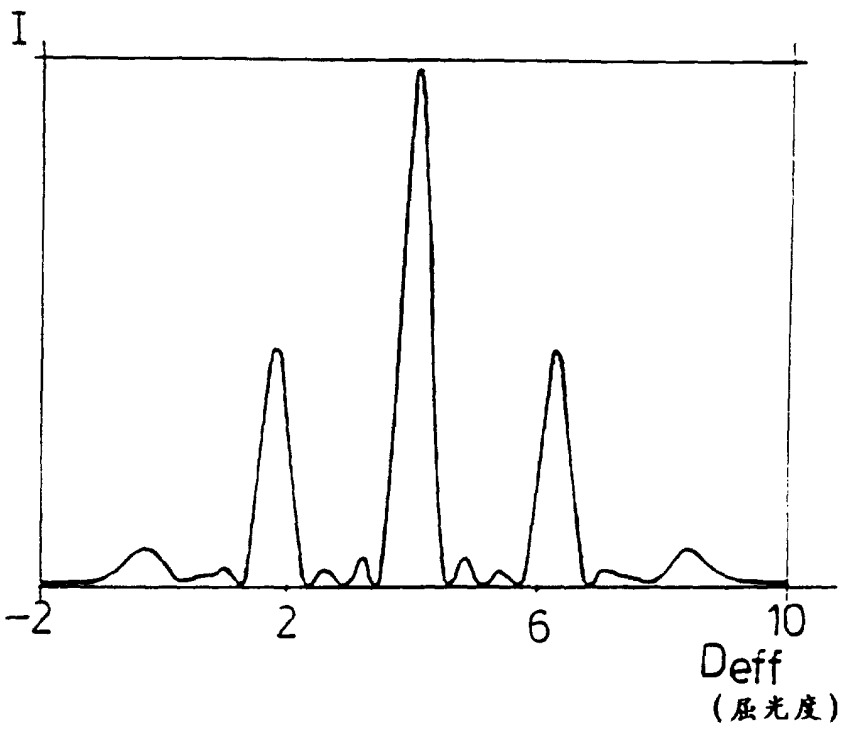


图 14

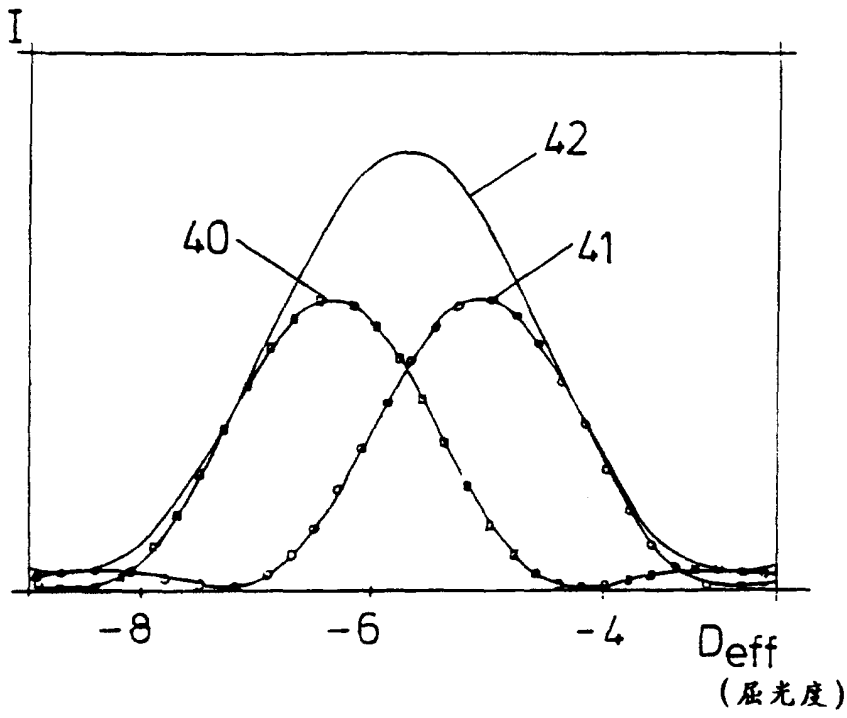


图 15

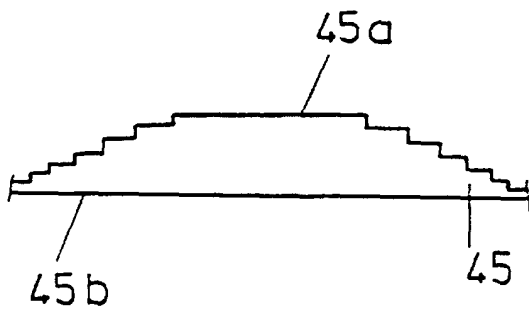


图.16

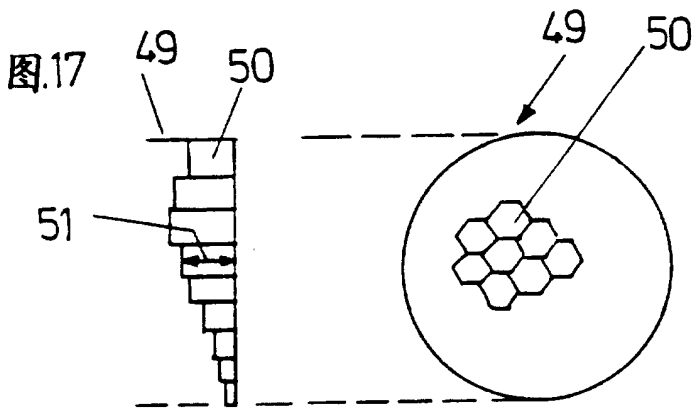
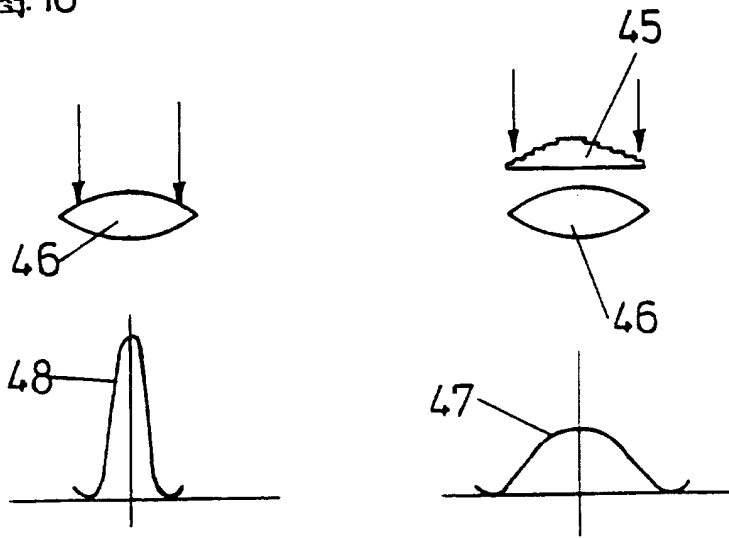
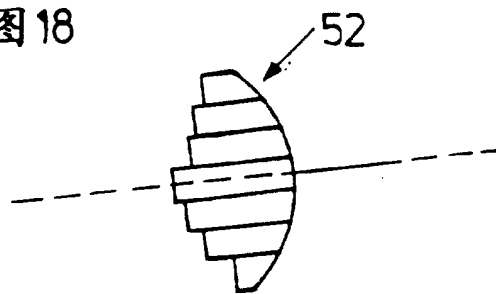


图 18



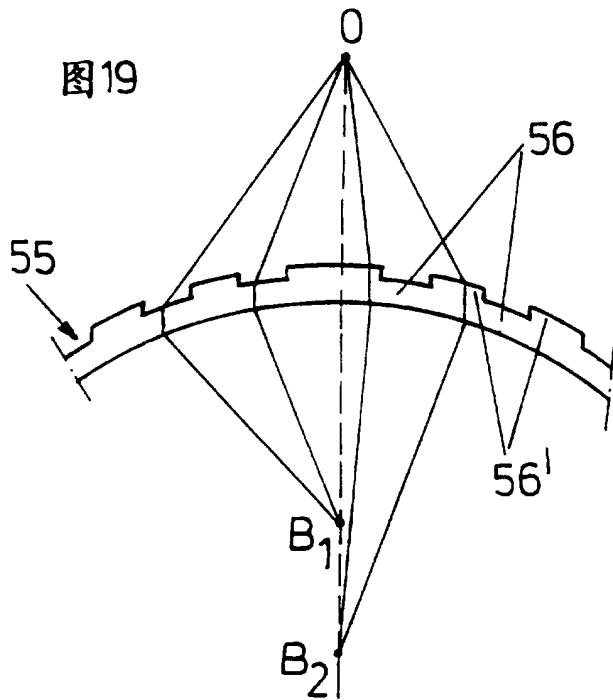


图 20

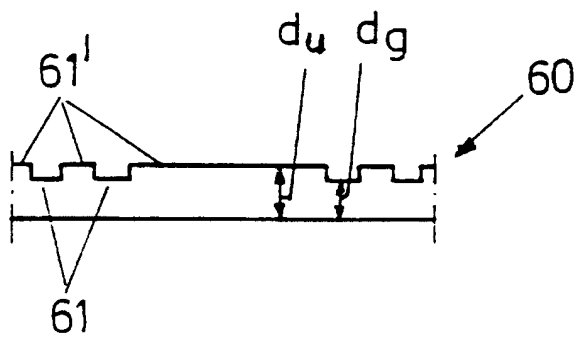


图 21

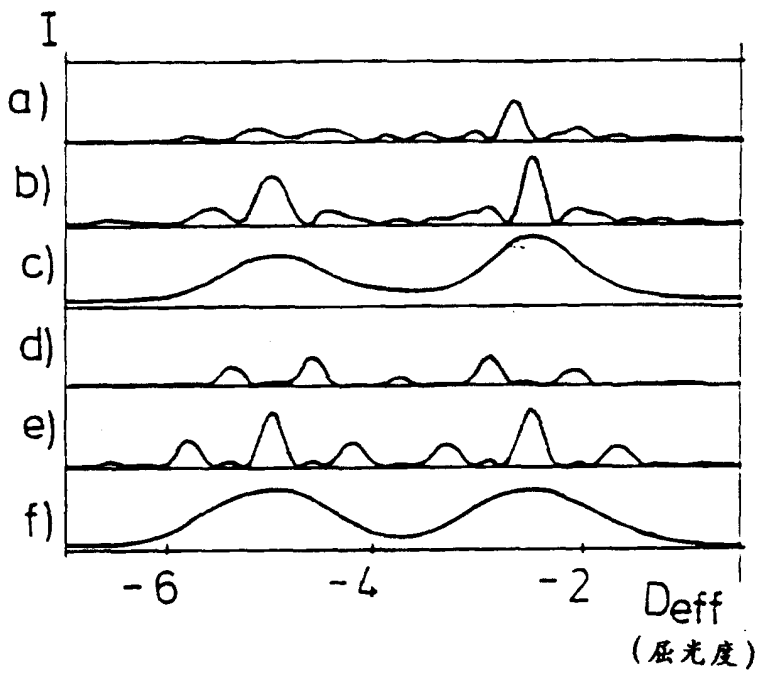


图 22

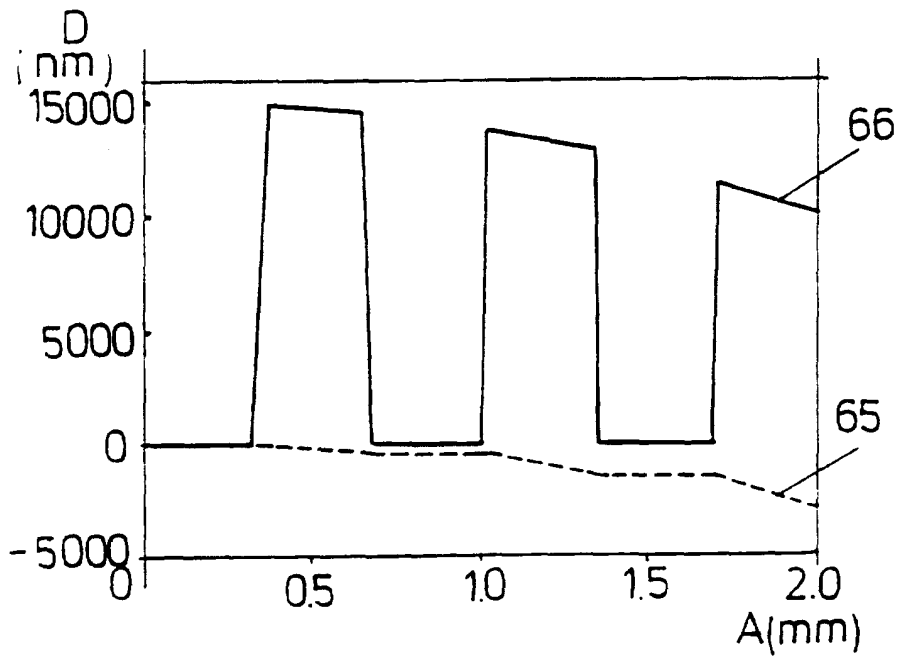


图 23

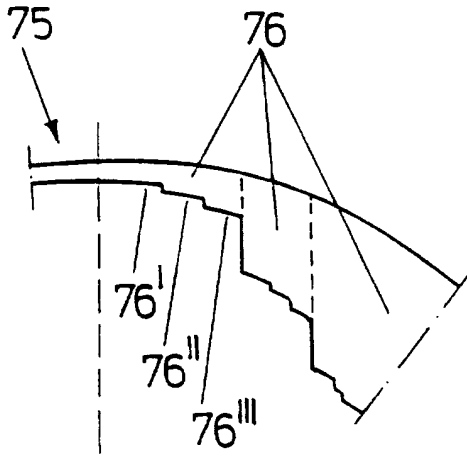


图 24

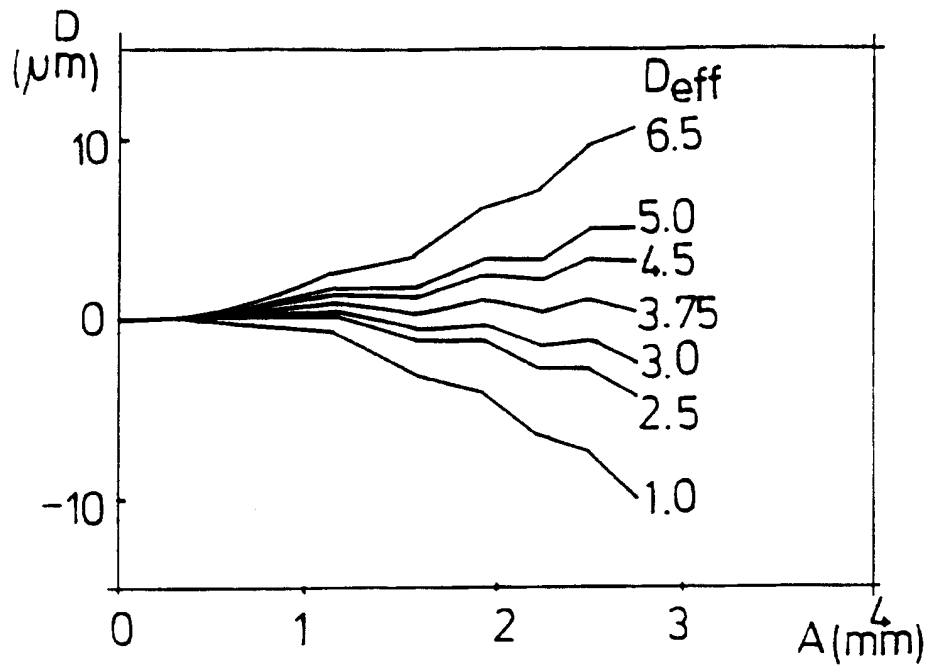


图 25

